

Kajian Risiko Potensial Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Hirarc Pada Proyek Pembangunan Apartemen Sky House Alam Sutera Phase 3

Arya Tritan Pangestu*, Idi Namara

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul, Jakarta

*Corresponding author: aryatritanpangestu@student.esaunggul.ac.id; idi.namara@esaunggul.ac.id

ABSTRAK

Proyek gedung bertingkat memiliki potensi kecelakaan kerja yang tinggi karena melibatkan pekerjaan di ketinggian, pemindahan material, peralatan mekanis, dan pekerjaan panas. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bahaya, menilai tingkat risiko, serta mengevaluasi pengendalian risiko pada Proyek Pembangunan Apartemen Sky House Alam Sutera Phase 3 menggunakan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC). Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain studi kasus. Data diperoleh melalui observasi lapangan dan telaah dokumen keselamatan, terutama Permit to Work (PTW) dan laporan HSE. Delapan bahaya kritis dianalisis berdasarkan likelihood dan severity. Hasil menunjukkan enam bahaya berada pada kategori risiko medium dan dua bahaya pada kategori low sebelum penguatan pengendalian. Bahaya dominan meliputi jatuh dari ketinggian, kejatuhan benda, kebakaran pekerjaan panas, dan kegagalan pengangkatan. Rekayasa teknik, PTW, inspeksi rutin, pengawasan HSE, serta penggunaan APD menurunkan sebagian besar risiko menjadi kategori low. Kepatuhan PTW mencapai 100% dan kepatuhan APD sekitar 90%. HIRARC efektif sebagai dasar prioritas pengendalian, meskipun faktor perilaku pekerja tetap memerlukan pengawasan berkelanjutan.

Kata kunci: HIRARC; keselamatan konstruksi; kecelakaan kerja; Permit to Work; pengendalian risiko

ABSTRACT

High-rise building projects involve substantial occupational accident risks due to work at height, material handling, mechanical equipment, and hot work. This study aims to identify hazards, assess risk levels, and evaluate risk controls on the Sky House Alam Sutera Phase 3 Apartment Construction Project using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) method. A quantitative descriptive case-study design was applied. Data were collected through field observations and a review of safety documents, particularly Permit to Work (PTW) records and HSE reports. Eight critical hazards were assessed based on likelihood and severity. The findings show that six hazards were classified as medium risk and two as low risk before strengthened controls. The dominant hazards were falls from height, falling objects, hot-work fire, and lifting failure. Engineering controls, PTW, routine inspections, HSE supervision, and personal protective equipment reduced most residual risks to the low category. PTW compliance reached 100%, while PPE compliance was approximately 90%. HIRARC provides an effective basis for prioritizing controls, although worker behavior remains a residual risk that requires continuous supervision and safety-culture reinforcement.

Keyword : HIRARC; construction safety; occupational accident; Permit to Work; risk control

PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan sektor strategis yang berkontribusi terhadap pembangunan infrastruktur, pertumbuhan ekonomi, dan penyerapan tenaga kerja. Namun, karakter pekerjaan yang dinamis, perubahan area kerja, penggunaan alat berat, keterlibatan banyak subkontraktor, dan tekanan jadwal menyebabkan sektor ini memiliki paparan bahaya yang tinggi. Pada proyek gedung bertingkat, risiko tersebut meningkat karena pekerjaan dilakukan secara berulang pada elevasi berbeda dengan interaksi pekerja, material, peralatan angkat, instalasi sementara, dan jalur logistik yang padat. Kondisi ini menuntut sistem keselamatan yang tidak hanya memenuhi aspek administratif, tetapi juga mampu menghasilkan keputusan teknis berbasis risiko.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) perlu diintegrasikan sejak penyusunan metode kerja, perencanaan sumber daya, pengaturan urutan pekerjaan, hingga pengawasan pelaksanaan. Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi menempatkan identifikasi bahaya dan pengendalian risiko sebagai bagian dari rencana keselamatan yang harus diterapkan secara konsisten (Kementerian PUPR, 2021). Penelitian pada pekerjaan struktur gedung menunjukkan bahwa risiko jatuh dari ketinggian,

kejatuhan benda, terjepit, tersayat, dan paparan peralatan mekanis merupakan bahaya dominan yang membutuhkan kontrol berlapis (Sari & Wahyudi, 2020; Wicaksono & Pratama, 2021).

Metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) menyediakan proses sistematis untuk mengenali sumber bahaya, menilai risiko melalui kombinasi kemungkinan dan keparahan, serta menentukan pengendalian berdasarkan hierarki. Pendekatan ini membantu manajemen memprioritaskan sumber daya pada pekerjaan yang memiliki konsekuensi paling berat dan peluang kejadian yang paling besar. Penerapan HIRARC juga lebih efektif ketika dihubungkan dengan *Job Safety Analysis*, inspeksi, pelatihan, dan *Permit to Work* (PTW), sehingga hasil penilaian tidak berhenti sebagai dokumen, tetapi menjadi syarat operasional sebelum pekerjaan dimulai (Agung et al., 2024; Pranoto, 2024).

Proyek Pembangunan Apartemen Sky House Alam Sutera Phase 3 merupakan proyek hunian vertikal yang melibatkan pekerjaan pembesian, bekisting sistem *Aluform*, pengecoran, bongkar bekisting, pengangkatan material dengan *tower crane*, pengelasan, dan pekerjaan membran bakar. Aktivitas tersebut menghadirkan potensi jatuh, tertimpa material, terjepit, terpeleset, paparan serpihan logam, serta kebakaran atau ledakan. Pekerjaan panas secara khusus membutuhkan izin kerja, *fire watch*, dan kesiapan alat pemadam karena penggunaan api terbuka dan tabung LPG dapat memicu konsekuensi fatal (Febria et al., 2025).

Penelitian ini bertujuan: (1) mengidentifikasi bahaya utama pada aktivitas konstruksi yang dianalisis; (2) menilai tingkat risiko menggunakan metode HIRARC; (3) mengevaluasi efektivitas pengendalian teknis, administratif, dan APD; serta (4) merumuskan implikasi hasil bagi pengelolaan keselamatan dan praktik keinsinyuran pada proyek gedung bertingkat. Fokus penelitian ditempatkan pada aktivitas yang tercantum dalam dokumen PTW dan memiliki paparan bahaya fisik paling signifikan.

METODE

Lokasi, waktu, dan desain penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Mei-November 2025 di Proyek Pembangunan Apartemen Sky House Alam Sutera Phase 3, Jalur Sutera Boulevard Kav. 43, Kunciran, Kecamatan Pinang, Kota Tangerang, Banten. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain studi kasus. Objek penelitian adalah aktivitas struktur dan pekerjaan spesialis yang memiliki potensi bahaya tinggi, yaitu pembesian, pemasangan dan pembongkaran bekisting, pengecoran, pengangkatan beton, pemotongan besi, pengelasan, pengujian kuat tekan beton, dan pekerjaan membran bakar.

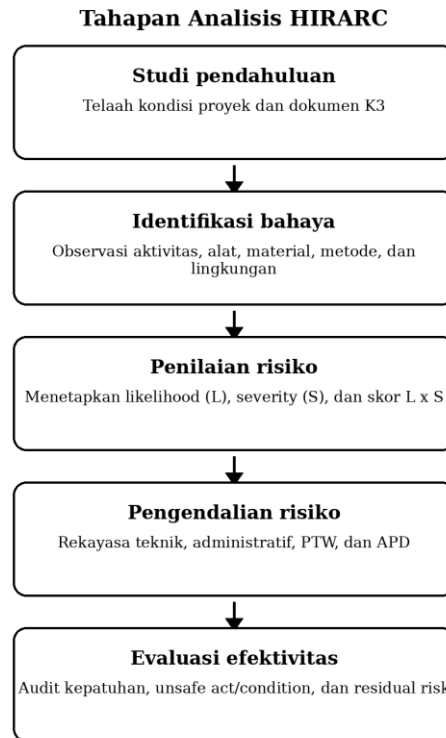
Sumber dan pengumpulan data

Data primer diperoleh melalui observasi kondisi kerja, akses, peralatan, material, perilaku pekerja, penggunaan APD, dan penerapan pengendalian di lapangan. Data sekunder terdiri atas dokumen PTW, laporan inspeksi HSE, catatan insiden, *unsafe act*, *unsafe condition*, SOP, metode kerja, dan dokumen pendukung proyek. Telaah dokumen digunakan untuk memverifikasi bahwa bahaya dan pengendalian yang diamati telah tercantum dalam mekanisme izin kerja serta memiliki penanggung jawab yang jelas.

Tahapan HIRARC dan analisis data

Analisis dilakukan melalui lima tahap sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Identifikasi bahaya mencakup sumber dari manusia, alat, material, metode, dan lingkungan. Penilaian risiko dilakukan dengan menetapkan nilai *likelihood* (L) dan *severity* (S). Skor risiko dihitung menggunakan Persamaan (1), kemudian kategorinya ditetapkan berdasarkan matriks risiko 5 x 6 yang digunakan dalam sistem K3 proyek. Pengendalian dievaluasi berdasarkan hierarki eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, administratif, dan APD (Tarwaka, 2019).

$$R = L \times S \quad (1)$$



Gambar 1. Tahapan analisis HIRARC

Efektivitas pengendalian dianalisis dengan membandingkan kondisi sebelum dan setelah penguatan kontrol serta menelaah indikator kepatuhan. Indikator yang digunakan meliputi tingkat kepatuhan APD, kepatuhan PTW, frekuensi kegiatan keselamatan, catatan kecelakaan, dan temuan perilaku tidak aman. Analisis dilakukan secara deskriptif untuk menjelaskan hubungan antara kontrol yang diterapkan dengan perubahan tingkat risiko dan kinerja keselamatan proyek.

HASIL

Karakteristik proyek dan penerapan PTW

Sky House Alam Sutera Phase 3 adalah proyek apartemen vertikal yang dikembangkan oleh Risland Holdings dan dilaksanakan oleh PT Adhi Persada Gedung. Lingkup proyek mencakup pembangunan menara hunian, fasilitas pendukung, dan ruang terbuka hijau pada lahan kurang lebih 2,5 hektar. Fungsi HSE berada dalam struktur organisasi proyek dan bertanggung jawab atas pengawasan, inspeksi, penerbitan izin kerja, sosialisasi, serta evaluasi kepatuhan.

PTW diterapkan pada pekerjaan berisiko tinggi, antara lain bekisting dan pengecoran lantai atas, bongkar bekisting, pekerjaan di ketinggian, pengelasan, pengangkatan material, dan pekerjaan membran bakar. Mekanisme PTW terdiri atas pengajuan oleh mandor atau supervisor, verifikasi lapangan oleh petugas K3, penerbitan izin setelah seluruh persyaratan dipenuhi, dan penutupan izin setelah area dinyatakan aman. Mekanisme ini berfungsi sebagai *safety gate* yang mencegah pekerjaan dimulai sebelum pengendalian tersedia dan diverifikasi.

Identifikasi sumber dan jenis bahaya

Hasil observasi dan telaah PTW menunjukkan bahwa bahaya berasal dari kombinasi faktor teknis dan manusia. Pekerjaan struktur lantai atas didominasi risiko jatuh dan kejatuhan benda, sedangkan pekerjaan pembesian menimbulkan risiko tertusuk atau tersayat. Pengecoran menghadirkan permukaan basah dan interaksi dengan mesin, sementara membran bakar memiliki potensi kebakaran dan ledakan. Faktor perilaku seperti tidak menggunakan APD secara konsisten, posisi kerja tidak aman, dan penempatan alat pada jalur lalu lintas ditemukan di berbagai area.

Tabel 1. Pemetaan sumber dan jenis bahaya utama

Jenis pekerjaan	Sumber bahaya	Potensi bahaya	Lokasi/aktivitas
Bekisting	Akses kerja di ketinggian	Jatuh atau kehilangan keseimbangan	Pemasangan perancah dan panel
Struktur/lifting	Operasi tower crane dan pemindahan material	Kejatuhan benda atau material	Area bawah pengecoran/pembesian
Pembesian	Besi beton, paku, kawat, dan palu	Tertusuk, terpotong, atau cedera mata	Pabrikasi dan pemasangan besi
Pengecoran	Permukaan basah/licin dan mesin trowel	Terpeleset, terjatuh, atau cedera mekanik	Area pengecoran aktif
Membran bakar	Api terbuka, tabung LPG, dan membran bitumen	Kebakaran, ledakan, dan paparan asap	Lantai -1F/basement
Aspek manusia	Kelalaian dan perilaku tidak aman	APD tidak lengkap dan posisi kerja tidak aman	Seluruh area kerja

Pemetaan memperlihatkan bahwa pengendalian tidak dapat hanya diarahkan pada pekerja. Bahaya jatuh dan benda jatuh membutuhkan rekayasa proteksi kolektif; bahaya *lifting* membutuhkan pengaturan zona dan pemeriksaan alat; sedangkan pekerjaan panas membutuhkan pengendalian sumber api, gas, ventilasi, dan kesiapsiagaan darurat. Pada saat yang sama, faktor manusia harus ditangani melalui supervisi, komunikasi bahaya, dan pembentukan kebiasaan kerja aman. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menempatkan bahaya ketinggian dan benda jatuh sebagai prioritas utama pekerjaan struktur gedung (Wahyudi & Pratama, 2019; Oktavia, 2025).

Penilaian risiko awal

Delapan bahaya kritis dianalisis. Risiko dengan keparahan tertinggi terdapat pada jatuh dari ketinggian, kejatuhan benda, kebakaran/ledakan, dan kegagalan pengangkatan. Nilai risiko awal menunjukkan enam bahaya berada pada kategori medium dan dua bahaya pada kategori low. Skor tertinggi adalah 18 pada jatuh dari ketinggian, kejatuhan benda, dan kebakaran pekerjaan panas. Walaupun kategori proyek masih memungkinkan pekerjaan dilaksanakan, aktivitas tersebut hanya boleh berjalan apabila seluruh persyaratan PTW, proteksi teknis, pengawasan, dan APD telah dipenuhi.

Tabel 2. Identifikasi bahaya kritis dan tingkat risiko awal

No.	Pekerjaan/bahaya	Konsekuensi utama	L	S	Skor	Kategori
1	Terjatuh dari ketinggian	Cedera fatal atau kematian	3	6	18	Medium
2	Kejatuhan benda	Patah tulang, memar berat, fatalitas	3	6	18	Medium
3	Tangan terjepit/terkena palu	Memar, luka, atau patah	2	5	10	Medium
4	Kebakaran pekerjaan panas	Fatalitas dan kerugian besar	3	6	18	Medium
5	Crane terguling/material jatuh	Cedera berat atau fatal	2	6	12	Medium
6	Serpihan besi terlempar	Cedera mata atau luka sayat	2	4	8	Low
7	Pengelasan struktur baja	Luka bakar/gangguan pernapasan	2	5	10	Medium
8	Pengujian kuat tekan beton	Cedera sedang/iritasi debu	1	4	4	Low

Distribusi risiko menunjukkan bahwa fokus pengendalian harus diarahkan pada aktivitas dengan kombinasi keparahan fatal dan kemungkinan yang masih dapat terjadi. Tidak munculnya kategori ekstrem tidak boleh ditafsirkan bahwa pekerjaan telah aman tanpa syarat. Nilai medium pada proyek ini tetap mengandung konsekuensi fatal, sehingga toleransi pekerjaan bergantung pada validitas dan

kedisiplinan kontrol. Dari perspektif keinsinyuran, keputusan melanjutkan pekerjaan harus didasarkan pada bukti bahwa proteksi kolektif, kapasitas alat, kompetensi personel, metode kerja, dan kesiapan tanggap darurat telah diverifikasi.

Strategi pengendalian dan risiko sisa

Pengendalian disusun mengikuti hierarki. Rekayasa teknik menjadi prioritas karena mampu mengurangi paparan tanpa bergantung sepenuhnya pada perilaku pekerja. Sistem *Aluform* dengan platform yang lebih stabil, pagar pengaman, *safety line*, *toe board*, penutup bukaan, dan *safety net* digunakan untuk mengendalikan risiko ketinggian dan benda jatuh. Pada operasi pengangkatan, kontrol meliputi pemeriksaan alat, rencana pengangkatan, kompetensi operator dan *rigger*, serta zona larangan di bawah beban.

Pengendalian administratif diterapkan melalui PTW, inspeksi pra-kerja, *toolbox meeting*, pembatasan area, pengaturan urutan kerja, dokumentasi harian, dan supervisi HSE. Untuk pekerjaan panas, PTW mensyaratkan *fire watch*, APAR, pemeriksaan tabung dan selang gas, pembersihan bahan mudah terbakar, serta pemeriksaan area setelah pekerjaan berakhir. APD digunakan sebagai lapisan terakhir, meliputi helm dengan *chin strap*, sepatu keselamatan, sarung tangan, kaca mata pelindung, pelindung wajah, respirator, dan *full body harness*.

Tabel 3. Pengendalian utama dan kecenderungan risiko sisa

Bahaya	Rekayasa teknik	Administratif dan APD	Risiko sisa
Jatuh dari ketinggian	Guardrail, platform Aluform, safety line, penutup bukaan	PTW, inspeksi, pengawas, full body harness	Low
Kejatuhan benda	Toe board, safety net, pengamanan material	Zona larangan, rambu, helm chin strap	Low
Tangan terjepit	Alat bantu dan metode bongkar yang terkendali	Koordinasi tim, toolbox meeting, sarung tangan	Low
Kebakaran/hot work	Ventilasi, pengamanan tabung, APAR	Hot work permit, fire watch, face shield/respirator	Low
Kegagalan lifting	Pemeriksaan crane dan alat bantu angkat	Lifting plan, operator/rigger kompeten, exclusion zone	Low
Serpihan besi/pengelasan	Guard mesin dan penahan percikan	Inspeksi alat, kaca mata, face shield, sarung tangan	Low

Setelah pengendalian diterapkan, nilai kemungkinan pada aktivitas utama menurun dari $L = 3$ menjadi $L = 1-2$, sedangkan keparahan secara prinsip tetap karena potensi konsekuensi tidak berubah. Penurunan kemungkinan tersebut menggeser sebagian besar risiko ke kategori low. Hasil ini memperlihatkan pentingnya membedakan pengurangan kemungkinan dengan pengurangan konsekuensi. Guardrail, platform, pengaturan area, dan interlock mengurangi peluang kejadian; sementara rencana penyelamatan, APAR, dan kesiapsiagaan membantu membatasi dampak apabila kejadian tetap terjadi.

Efektivitas pengendalian dan kepatuhan

Evaluasi lapangan menunjukkan kepatuhan penggunaan APD mencapai sekitar 90%, sedangkan kepatuhan terhadap PTW pada audit terakhir mencapai 100%. Frekuensi kegiatan keselamatan, termasuk *safety talk*, *toolbox meeting*, dan inspeksi *housekeeping*, rata-rata 12 kegiatan per bulan. Selama periode pengamatan tidak tercatat kecelakaan fatal maupun penyakit akibat kerja, dan pekerjaan dengan PTW aktif dilaporkan mempertahankan kinerja *zero accident*. Indikator tersebut menunjukkan bahwa pengendalian administratif berfungsi secara nyata dalam perencanaan kerja harian, bukan sekadar kelengkapan dokumen.

Tabel 4. Indikator efektivitas sistem pengendalian

Indikator	Hasil pengamatan/audit	Makna pengendalian
Kepatuhan APD	Sekitar 90%	Tinggi, tetapi masih terdapat celah perilaku sekitar 10%
Kepatuhan PTW	100% pada audit terakhir	Pekerjaan berisiko tidak dimulai tanpa verifikasi
Kegiatan keselamatan	Rata-rata 12 kegiatan per bulan	Komunikasi bahaya dan inspeksi dilakukan rutin
Kecelakaan fatal/PAK	Tidak tercatat selama periode pengamatan	Kontrol teknis dan administratif efektif
Temuan residual	APD tidak lengkap, tangga tanpa penahan, area licin, kabel tidak rapi	Memerlukan supervisi dan tindak koreksi berkelanjutan

Meskipun indikator keselamatan menunjukkan hasil positif, residual risk masih berasal dari *unsafe act* dan *unsafe condition*. Temuan meliputi pekerja yang tidak konsisten menggunakan sarung tangan atau harness, penggunaan tangga tanpa penahan, posisi angkat manual yang tidak ergonomis, alat yang diletakkan pada jalur pekerja, permukaan licin, pencahayaan basement yang kurang, dan kabel sementara yang belum tertata. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang baik tetap memerlukan kepemimpinan lapangan, tindak koreksi cepat, dan pembentukan budaya keselamatan.

Program *behavior-based safety*, penghargaan kepatuhan, dan pemberian *safety violation notice* dapat memperkuat akuntabilitas individu. Namun, pendekatan perilaku tidak boleh menggantikan kewajiban rekayasa. Keselamatan yang andal dicapai melalui kombinasi desain aman, prosedur yang dapat dilaksanakan, kompetensi pekerja, pengawasan, dan pembelajaran dari temuan. Hasil ini mendukung pandangan bahwa HIRARC harus diperlakukan sebagai dokumen hidup yang ditinjau ketika terjadi perubahan desain, urutan kerja, lokasi, alat, atau tenaga kerja (Putra & Wijaya, 2020; Sulistyorini, 2020).

Implikasi terhadap praktik keinsinyuran

Bagi praktik keinsinyuran, hasil penelitian menegaskan bahwa keputusan teknis harus mempertimbangkan keselamatan sebagai kriteria setara dengan mutu, biaya, dan waktu. Insinyur tidak cukup memeriksa kesesuaian gambar atau produktivitas metode kerja, tetapi juga perlu memastikan metode tersebut dapat dilaksanakan dengan paparan risiko yang dapat diterima. HIRARC membantu menerjemahkan tanggung jawab tersebut menjadi proses yang dapat ditelusuri: bahaya dicatat, asumsi penilaian dinyatakan, kontrol ditetapkan, penanggung jawab ditunjuk, dan efektivitasnya diverifikasi.

Integrasi HIRARC dengan PTW juga memperkuat akuntabilitas profesional karena keputusan memulai pekerjaan didasarkan pada pemeriksaan lapangan dan bukti kesiapan. Pada pekerjaan ketinggian dan pengangkatan, insinyur perlu mengevaluasi stabilitas platform, kapasitas alat, jalur beban, perlindungan tepi, dan interaksi antarpaket pekerjaan. Pada pekerjaan panas, perhatian harus mencakup sumber bahan bakar, ventilasi, material mudah terbakar, kesiapan pemadaman, dan penutupan izin. Pendekatan berbasis risiko tersebut mendukung pengambilan keputusan yang etis, transparan, dan berorientasi pada perlindungan manusia.

SIMPULAN

Penerapan HIRARC pada Proyek Pembangunan Apartemen Sky House Alam Sutera Phase 3 berhasil mengidentifikasi bahaya dominan berupa jatuh dari ketinggian, kejatuhan benda, tertusuk atau tersayat material, terpeleset, tangan terjepit, kegagalan pengangkatan, paparan pengelasan, serta kebakaran atau ledakan pada pekerjaan membran bakar. Dari delapan bahaya kritis, enam berada pada kategori medium dan dua pada kategori low pada penilaian awal, dengan skor tertinggi 18 untuk bahaya yang berpotensi fatal.

Pengendalian yang paling efektif merupakan kombinasi rekayasa teknik, PTW, inspeksi, supervisi HSE, pelatihan, dan APD. Penerapan platform Aluform, guardrail, safety line, toe board, safety net, pengaturan zona, fire watch, dan pemeriksaan alat menurunkan kemungkinan kejadian

sehingga sebagian besar risiko sisa berada pada kategori low. Kepatuhan PTW mencapai 100% dan kepatuhan APD sekitar 90%, disertai tidak adanya kecelakaan fatal selama periode pengamatan.

Faktor manusia tetap menjadi sumber residual risk. Oleh karena itu, proyek perlu mempertahankan audit PTW, memperkuat supervisi pada jam lembur dan pekerjaan berulang, meningkatkan pelatihan berbasis perilaku, mempercepat tindak lanjut temuan, dan mengembangkan sistem digital untuk pemantauan izin kerja serta kepatuhan. HIRARC perlu diperbarui setiap kali terjadi perubahan metode, desain, alat, tahapan, atau kondisi lapangan agar tetap menjadi dasar keputusan keinsinyuran yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A. M., Pangastuti, N., & Parningotan, S. (2024). Analisis manajemen risiko kecelakaan kerja pada mesin automatic bar bending dengan metode Hazard Identification, Risk Assessment and Determining Control (HIRADC) pada PT Faza Jaya Pratama. *Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(5), 1923-1933.
- Febria, A. H., Sartika, I., & Ani, N. (2025). Implementasi hot work permit sebagai upaya pencegahan kecelakaan di proyek jaringan distribusi utama SPAM Wosusokas Segmen 3. *SEHATRAKYAT (Jurnal Kesehatan Masyarakat)*, 4(3), 765-780. <https://doi.org/10.54259/sehatrakyat.v4i3.5224>
- Hamalik, O. (2019). *Manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di industri konstruksi*. PT Bumi Aksara.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang pedoman sistem manajemen keselamatan konstruksi*.
- Oktavia, R. (2025). Analisis risiko keselamatan dan kesehatan kerja menggunakan metode HIRARC: Studi kasus proyek pembangunan Gedung Perkuliahan IAIN Sultan Amai Gorontalo, 3(2), 1-10.
- Pranoto, H. (2024). Manajemen risiko terkait keselamatan dan kesehatan dalam proyek konstruksi. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 4(3), 2106-2115.
- Putra, S., & Wijaya, A. (2020). Analisis kecelakaan kerja dan pengendalian risiko pada proyek konstruksi menggunakan metode HIRARC. *Jurnal Pengendalian K3 Konstruksi*, 17(3), 34-42.
- Razu, M., Adelia, A. E., & Asmara, P. B. (2025). Evaluasi efektivitas alat pelindung diri (APD) dalam mencegah kecelakaan di industri listrik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Naratif*, 6(1).
- Sari, N. D., & Wahyudi, E. (2020). Analisis risiko keselamatan kerja pada pekerjaan struktur gedung menggunakan metode HIRARC. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 89-98.
- Sulistiyorini, T. (2020). Penerapan sistem manajemen K3 pada proyek konstruksi untuk mencegah kecelakaan kerja. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Malang*, 9(1), 45-52.
- Tarwaka. (2019). *Keselamatan dan kesehatan kerja: Manajemen dan implementasi di tempat kerja*. Harapan Press.
- Wahyudi, D., & Pratama, M. (2019). Analisis kecelakaan kerja pada proyek konstruksi menggunakan metode HIRARC. *Jurnal K3 Konstruksi*, 12(1), 56-64.
- Wicaksono, R. A., & Pratama, D. A. (2021). Identifikasi dan penilaian risiko kecelakaan kerja pada proyek gedung menggunakan metode HIRARC. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil*, 8(1), 23-31.